

ALMAE
UNIVERSITATI DORPATENSI

DIEM XII DECEMBRIS ANNI MDCCCLII,

QUO QUINQUAGINTA ANNOS INDE AB ORIGINE FELICITER PERFECTOS
CELEBRAT,

PIE GRATULANTUR

SPECULAE IN ROSSIA PRIMARIAE

DIRECTOR ET ASTRONOMI.

ADJECTA EST **OTHONIS STRUVII** NARRATIO DE PARALLAXI STELLAE γ LYRAE.

PETROPOLI.

TYPIS ACADEMIAE CAESAREAE SCIENTIARUM.

MDCCCLII.

ALMAE

UNIVERSITATI DORPATENSI

DIEI XII DECEMBRIS ANNI MDCCCLII

QUO QUINGENTESIMO ANNOS INDE AB ORIGINE FELICITER PERFECTOS

CELEBRAT

Jussu Academiae.

M. Novembr. 1852.

P. H. Fuss Acad. Secr.

SPRINTAE IN RUSSIA PRIMARIAE

DIRECTOR ET ASTROLOGI.

ADJECTA EST OTTONIS STREVERI NARRATIO DE PARALAXI STELLAE 61 LIRAE

ASTROLOGI.

TYPI ACADEMIAE CAESARIAE SCIENTIARUM

MDCCCLII

Auspiciis IMPERATORUM ALEXANDRI PRIMI et NICOLAI PRIMI, UNIVERSITAS DORPATENSIS, iis adjuvantibus, penes quos erat rerum administratio, per quinquaginta annos praeteritos, una cum aliis disciplinis naturae cognitionem spectantibus, singulari modo astronomiam fovit et etiamnum fovet. Specula Dorpatensis extrui coepta est anno 1809, secundum justas normas, quae tum temporis non nisi in perpaucis speculis rite erant respectae. Instrumentorum splendido apparatu deinceps instructa, inter quae tubus ille magnus Fraunhoferianus eminet, unicum sui temporis decus, specula haec labores maximi ad doctrinam promovendam momenti suscipere valebat. Quo officio digno modo semper functa est.

Nos vero astronomi Pulcovenses, quorum nomina infra subscripta leguntur, tum olim ipsius UNIVERSITATIS alumni, tum alibi quidem eruditi, non vero sine studio operum astronomi-
corum, auctoritate UNIVERSITATIS DORPATENSIS publici juris factorum, grato animo fatemur, doctrinam, quam hausimus, magna

NARRATIO

DE PARALLAXI STELLAE α LYRAE.

Illustris Johannes Herscheliuss in oratione, quam praeses Societatis Regiae Astronomicae Londinensis anno 1841 habuit, his fere verbis socios allocutus est: «Congratulor vobis et «mibi ipsi, nostra aetate magna illa et hucusque impenetrabilia claustra, quae nobis viam ad «mundum sideralem intercludebant; claustra illa, contra quae tam diu frustra contendimus «— *aestuantes angusto limite mundi* — uno eodemque fere tempore tribus variis locis perrupta «esse»¹⁾.

Alludit his verbis Herscheliuss ad parallaxes trium stellarum fixarum, 61 Cygni, α Lyrae et α Centauri, a tribus astronomis Besselio, W. Struvio et Hendersonio illo tempore primum feliciter et tute determinatas. Notissimum est quibus assiduis studiis astronomi, inde a Copernico, metam illam, determinandi scilicet intervalli²⁾, quo stellae fixae a Sole absunt, contingere enisi sint; neque mirandum est tot tantosque labores in hoc propositum impensos esse, quo rato non modo argumentum validissimum pro veritate systematis Copernicani nanciscamur,

1) Verba Herschelii anglica sunt haec: I congratulate you and myself that we have lived to see the great and hitherto impassable barrier to our excursions into the sidereal universe; that barrier against which we have chafed so long and so vainly — *aestuantes angusto limite mundi* — almost simultaneously overleaped at three different points.

2) Ne quid ambigui in scriptione nostra sit, voces *intervallum*, *remotus*, *longinquus* lineare spectabunt spatium, quod inter Solem et corpora coelestia exstat; dum *distantia*, *distare* ad solos angulos apparentes inter bina coeli sidera conspectos pertinent.

sed etiam normam adipiscamur, qua alia siderum intervalla dijudicentur, itaque primum ponatur fundamentum, in quo aliquando omnis astronomia sideralis exstrui possit. Non quidem in animo est historiam omnium contentionum a clarissimis astronomis trium seculorum in hunc finem susceptarum conscribere; breviter modo loquemur de parte, quam specula Dorpatensis in illis studiis egit.

Antea quam circulus meridianus Reichenbachii Dorpatum pervenit, summum inter speculae instrumenta locum tubus culminatorius octo pedum Dollondii obtinebat. Quo instrumento, rara pro illo tempore vi optica praedito, jam inde ex anno 1814 W. Struve ad investigandas parallaxes fixarum usus est. Elegit sibi in hunc finem, inter stellas boreales, 14 paria ita disposita, ut paucis minutis primis post transitum superiorem alterius stellae, altera in inferiore culminatione per meridianum transiret, et vice versa. Differentiae ex utraque culminatione mediae inter binarum stellarum transitus, oppositis anni temporibus observatae, pro variis elementis in locum apparentem stellarum agentibus correctae, summam parallaxium ambarum stellarum, ab ipso instrumenti situ et ab omnibus fere horologii vitiis immunem exhibebant; ideoque magnam deducendorum valorum praecisionem pollicebantur. Neque fefellit haec spes. Observationes primis annis, itineribus ad dimetiendam Livoniam factis frequenter interruptae, inde ex anno 1818 autem majore studio et assiduitate continuatae, jam sub finem anni 1819 ad conclusionem conduxerunt, quam in appendice Vol. II. *Observationum Dorpatensium* legimus: «nulli observatarum 19 stellarum parallaxem absolutam = $1''$ esse; in omnibus, si qua est, aliquanto minorem esse $0,5$ arcus». Quae conclusio quanti tum temporis fuerit, eo elucet, quod eo ipso tempore in Anglia astronomi clarissimi, Brinkleius et Pondius, de parallaxibus integra minuta secunda excedentibus altercabantur. Observationibus scilicet Dorpatensibus primum tuto demonstratum est, parallaxes in genere positiones stellarum fixarum non nisi fractionibus minimis minuti secundi arcus afficere.

Continuatis deinde observationibus usque ad finem anni 1821, W. Struve in Introductione Vol. III. *Observationum Dorpatensium* summam dedit omnium observationum eousque quatuor annorum spatio factarum. Hic jam probat pater, in longe majore stellarum examinarum parte nullam obtinere parallaxem, quae $0,1$ vel $0,2$ arcus superet. Duo tamen paria stel-

larum differentias ad $0''.3$ et $0''.4$ ascendentes exhibebant, quae quum parallaxium legem sequantur et errorem probabilem plus sexies superent, prima certa vestigia parallaxis in loca fixarum agentis manifestasse videntur.

Monuit autem ipse auctor quantitates inventas parallaxium nondum ab omni dubitatione liberas esse. Fieri enim posse, ut diurna quaedam periodus locum habuerit in situ instrumenti culminatorii, quae, quamvis minima fuisset, ut ex aliis observationibus probatum esset, tamen suffecerit ad valores inventos parallaxium aliquantum mutandos. Cui tamen objectioni, ut jam arguit cl. Petersius in commentatione sua de parallaxibus, anno 1847 Pulcovae elaborata, graviter se opponit valor numeri constantis aberrationis ex eadem observationum serie deductus $20''.36$, qui quum $0''.08$ modo minor inventus sit vero valore, Pulcovae a W. Struvio certissime $= 20''.44$ constituto, maxime agit ad augendam fidem parallaxium Dorpati determinatarum, et adeo indicat omnes parallaxes minores potius quam maiores veris inventas esse. Idem cl. Petersius in laudata commentatione docet, parvula membra nutationis, quorum theoria anno demum 1842 ab ipso evoluta erat, in reductione pristinarum illarum observationum Dorpatensium non respici potuisse; quibus adscitis omnes parallaxes paululo etiam majores evaderent.

Has itaque conclusiones statuere licet:

1. Observationes Dorpatenses annorum 1818 — 1821 certum parallaxis effectum in positiones fixarum primae exhibent.
2. Parallaxes in maxima stellarum parte trium primorum splendoris ordinum infra $0''.2$ arcus sunt.
3. Valores parallaxium tum temporis inventi nondum limitibus circumscripti sunt ita arctis, ut singularum stellarum intervalla definire valeant.
4. Valent tamen pretia media harum parallaxium ad iudicium aliquod generale de intervallis fixarum ferendum.

Ultima hac conclusione, monente patre, 25 annis post doctissime usus est cl. Petersius ad definiendum medium intervallum inter stellas secundi ordinis et Solem.

Circulus meridianus Reichenbachii, anno 1822 in specula Dorpatensi erectus, ad nova

astronomiae fundamentorum studia incitavit, ideoque astronomum ab investigatione parallaxium detraxit. Non tamen praetermittendum est haec ipsa studia, quamvis primum ad aliud propositum suscepta, cognitioni parallaxium non omnino aliena fuisse. Observationes enim stellae polaris, numero plus 600, a W. Struvio et Preussio ope circuli meridiani Dorpati annis 1822 ad 1838 institutae, et Pulcovae demum annis 1841 et 1842 calculo severo subjectae, non modo accuratiores praebuere valores numerorum constantium nutationis et aberrationis, sed etiam parallaxem stellae polaris arctis limitibus circumscribere, idque optimo consensu ex observatis tam declinationibus quam ascensionibus rectis.

Constat, studia speculae Dorpatensis novum vigorem et majorem ambitum inde ex anno 1824 adepta esse, quo tubus ille magnus Fraunhoferianus Dorpatum pervenit. In proposito erat instrumento hoc praecipue ad inquirendum in stellarum duplicium numerum, motus et naturam uti: quod propositum quomodo peractum sit, «*Catalogus novus stellarum duplicium*» et «*Mensurae micrometricae*» luculenter probant. Per totam periodum 12 proxime annorum, qua observationes in his operibus exhibitae colligebantur, auctor investigationi parallaxium specie quidem alienus fuit. Sed res aliter se habuit; nam in hoc ipso temporis spatio et his ipsis observationibus astronomia, ut ita dicam, ad felicem quaestionis pendens solutionem maturabatur. Cujus sententiae indoles ut intelligatur, naturam quaestionis hic paululo fusius tractabimus.

Parallaxes aut absolutae aut relativae determinantur. Parallaxem absolutam alicujus stellae angulum nuncupamus, quem radius orbitae annuae Terrae, sub angulo recto ex intervallo stellae examinandae visus, subtendit; relativam vero discrimen inter binos ejusmodi angulos, ad duas stellas pertinentes, quarum alteram multo remotiorem, alteram examinandam nobis viciniorem supponimus. Determinantes igitur parallaxem relativam, fractionem modo parallaxis absolutae cognovimus; quae tamen fractio eo propius ad unitatem accedit, quo major est inter utriusque stellae intervalla ratio. Supponamus exempli gratia duarum stellarum a et b , inter se comparatarum, intervalla a Sole esse in proportionem 1 ad 10. Propter motum Terrae annuum locus stellae a describet in coelo ellipsem parvulam, cujus semiaxis major est ejus parallaxis $= \pi$; altera stella b , apparenter proxime sita ad stellam a , in coelo similem

describet ellipsem, cujus semiaxis autem non nisi $\frac{1}{10}\pi$ erit. Variationes itaque in situ relativo ambarum stellarum, periodum anni sequentes, non totam parallaxem stellae a offerunt, sed modo $0,9\pi$. Quaevis itaque parallaxis relative determinata, etiam si summa cum praecisione enucleata est, paululum tamen a vera parallaxi stellae aberrat, et quidem ita ut semper minor vero valore inventa sit.

Oritur hic quaestio, qua de causa astronomi tot operae navent parallaxibus relative determinandis, quae si certissime etiam constitutae sint, nondum tamen verum intervallum stellarum a Sole exhibeant? Breviter respondendum est: in omnibus investigationibus eam viam ingrediendam esse, qua proxime ad veritatem accedamus. Qui finis ex indole observationum, pro hodierno statu astronomiae practicae, in parallaxibus certius attingitur, si relativas determinamus quam si in absolutas inquirimus. Ex eo enim tempore quo, observationibus Dorpati ope tubi culminatorii institutis, pro majore numero stellarum probatum erat, parallaxes vix ad paucas decimas partes minuti secundi arcus accedere, omnis fere spes parallaxium absolute determinandarum abjici debuit.

Parallaxes nempe absolutae e variationibus deducuntur, quae anni periodum sequentes in positionibus stellarum, ad certa quaedam plana et lineas fixas, aequatorem, horizontem, lineam aequinoctiorum, meridianum, reliqua relatis, locum habent. Hinc jam difficultas ipsa nascitur; positiones enim stellarum ad plana vel lineas fixas relatae, quas earum coordinatas appellamus, variis elementis afficiuntur, quae novissimis demum temporibus tali constituta sunt praecisione, ut variationes annuae coordinatarum, a parallaxi oriundae, nonnisi perpaucis centesimis minuti secundi arcus partibus ex illorum erroribus mutari possint. Sed etiam hodierno nostro tempore, quo astronomia practica egregios fecit progressus, determinatio ipsa harum relationum, seu positionum apparentium stellarum, nondum tali gaudet praecisione, ut de minimis fractionibus minuti secundi arcus decerni possit. Ponamus tamen, observationibus frequenter repetitis et summo instrumenti et causarum observationes perturbantium studio, locum stellae pro epocha maximae vel minimae parallaxis ad $0,1$ usque constitui posse, nihilominus cognitio nostra parallaxium nonnisi exiguum incrementum ex his determinationibus absolutis trahet. Ut enim supra vidimus, pro longe majore stellarum numero effectus parallaxis

in loca earum infra $0,2$ manet. Error igitur $0,1$, in positione stellae pro epocha maximae vel minimae parallaxis commissus, quantitatem quaesitam aut omnino abscondet aut ex magna parte erroneam indicabit.

Hinc facile intelligitur prosperum successum investigandarum parallaxium in genere nonnisi ex earum determinatione relativa expectari posse. Positiones apparentes duarum stellarum, paucis minutis primis inter se distantium, ab omnibus elementis in earum loca agentibus, excepta parallaxi, aequo modo afficiuntur, vel, si quae sunt, actionis differentiae facili negotio et perquam tuto computari queunt. Variationes igitur in relationibus mutuis harum stellarum obtinentes, parallaxem earum relativam nullo alieno elemento mixtam exhibent. Agitur modo ut hae relationes, pro variis anni temporibus, ad centesimas usque partes minuti secundi arcus constituentur, id quod ope micrometri fieri posse hodie nobis compertum est. Ante hos autem triginta annos usus micrometri nondum ea, qua in hunc finem opus erat, praecisione gaudebat.

Studiis et ingenio trium imprimis virorum astronomia illam mensurarum micrometricarum praecisionem debet, quae desiderabatur ut investigationis parallaxium feliciter perpetrandae spes conciperetur. Neminem fugit me hic alludisse ad magnos illos progressus, quibus illo tempore immortalis Fraunhoferus artem opticam ad hodiernum perfectionis statum evexit, et ad perfectas methodos observandi, quibus, instrumentis ab illo constructis, refractore Dorpatensi et heliometro Regiomontano utentes, astronomiam practicam locupletavere W. Struve et Besselius. Quas methodos secuti, ope micrometrorum, duarum stellarum satis lucidarum et non valde inter se distantium relationes mutuas, per aeris bonam conditionem, singulae noctis observationibus intra perpaucas centesimas partes minuti secundi arcus constituere hodie valemus, et quidem sine periculo ullius erroris periodici. Subsunt fortasse in his mensuris minimi errores naturae constantis, qui autem, quum in investigatione parallaxium de parvulis oscillationibus circa mediam relationem proxime constantem agatur, pro hac investigatione in genere nullius momenti sunt. Aeris conditione observationi minus favente, decrescet quidem paululum praecisio mensuris micrometricis unius noctis supra attributa; attingitur tamen et immo superari potest saepius repetitis observationibus. Hinc jam elucet,

quantum determinationes relativae parallaxium praestent prae earum determinationibus absolutis. In parallaxibus scilicet relative determinatis tot tantum centesimis partibus minuti secundi errabimus, quot decimis in absolute determinatis. Id modo curandum est, ut stellae comparationis tales eligantur, pro quibus ratio inter parallaxem relativam et absolutam quam proxime ad unitatem accedat.

Concedamus tamen thesem supra allatam, cognitionem parallaxium ex earum determinatione absoluta nonnisi exiguum capere posse incrementum, nonnullas admittere exceptiones. Novimus parallaxem α Centauri a Hendersonio et Macleario in specula promontorii Bonae Spei absolute determinatam esse; ex qua hujus stellae intervallum singulari certitudine determinatum videri debet. Nihilominus argumentum nostrum hoc exemplo non infirmatur. Etenim α Centauri parallaxem offert annuam totius fere minuti secundi arcus; cui si etiam errorem $0''.4$ ad $0''.2$ attribuimus, intervallum tamen inter stellam et Solem ad ejus decimam vel quintam partem definitum prodit. Est autem parallaxis α Centauri totius minuti secundi res in coelo fere unica; nam quotcunque stellae hucusque examinatae sunt, parallaxes vel evanescentes vel ad parvas modo minuti secundi fractiones ascendentes exhibuere; atque nullam aliam stellam in coelo exstare, saltem in coelo boreali, quae aequae magnam habeat parallaxem, eo nobis probatur, quod nulla alia stella tot et tam valida propinquitatis ad Solem prae se fert indicia. In hac itaque stella cognitio parallaxium incrementum gravissimum ex determinationibus absolutis accepit. Ex altera vero parte negari nequit, hanc ipsam parallaxem α Centauri limitibus multo etiam arctioribus nobis cognitam fuisse, si in illa determinanda methodus relativa adhibita fuisset; et quidem sine periculo erroris constantis ex incognitis causis, periodum anni sequentibus, orientis, quo positiones absolutae affectae esse possunt. In votis igitur est, hanc ipsam parallaxem mox etiam methodo relativa determinatum iri, et inde confirmationem valoris extra ordinem magni adepturam esse, quae postrema dubia de hoc valore inter astronomos etiam obvia prorsus dissipet.

Alteram jam statuamus exceptionem, determinationem nempe parallaxis 61 Cygni ope circuli verticalis Pulcovensis a cl. Petersio effectam, quae confirmationem generalem eamque egregiam offert quantitatis parallaxeos a Besselio ope heliometri inventae. Ipse auctor dicit va-

lorem inventum praeter expectationem cum valore Besseliano consentire. Differentia enim amborum valorum infra centesimam partem erroris probabilis unius determinationis Petersianae est. Cognitio autem distantiae 61 Cygni observationibus Petersii, summa cura et optimo circulo institutis et non minore diligentia quam severitate reductis, vix aucta est; id quod probatur si errorem probabilem Besselianum $= 0,0095$ cum errore probabili determinationis Petersianae $= 0,080$, octies majore, comparamus; quibus rite conjunctis error probabilis valoris medii nonnisi ducentesima parte minor fit errore probabili unius determinationis Besselianae.

Nulli tamen desperamus fore, ut aliquando determinationes absolutae parallaxium cum earum determinationibus relativis jure contendere possint. Considerantes enim quot quantosque astronomia practica postremis decenniis fecerit progressus, spem enuntiare audemus hunc scopum proximis jam annis attingi. Habemus tubum culminatorium in directione primi verticalis collocatum, cujus ope relationes stellarum ad verticem eadem constituere licet certitudine et praecisione, qualem in relationibus mutuis stellarum juxta positarum auxilio micrometrorum adepti sumus; et ejusmodi praecisionem pollicetur sector zenithalis postremo demum anno a cl. Airio in observatorio Grenovicensi erectus. Quae tamen instrumenta non nisi parvum habent actionis campum, quum unice pro exiguo numero stellarum vertici proxime culminantium valeant, earumque ita lucidarum, ut observationem per totam anni periodum productam admittant. Ope horum instrumentorum itaque cognitio parallaxium tum demum egregie locupletabitur, quum ita constructa fuerint, ut facilius in varia transportentur loca, ubi singulae stellae examinandae prope ipsum verticem per meridianum transeunt, ibique in usum vocentur. Quod ut fiat, in votis est.

Tractemus jam breviter de variis methodis determinandi parallaxes relativas et de cognitionibus, quas astronomia sibi comparare debuerat, priusquam hanc viam ingresso felicem eventum investigationum exspectare licebat. Quod propositum summum W. Herschelium, astronomiae stellaris fundatorem, primum sedulo prosecutum esse, constat. Etenim coelum perlustravit, omnesque stellas Flamsteedianas notavit, in quarum proximitate alias stellas recognovit, et ita astronomiae primus uberiores stellarum duplicium catalogos comparavit. Quo facto, relationes mutuas plurium parium stellarum per plures annos variis anni temporibus ope mi-

crometri a se inventi mensuravit. Ad hunc laborem spe incensus erat, fore ut in nonnullis stellis ita compositis variationes relationum parallaxis legem sequentes manifestarentur. Quam spem Herschelium fefellisse, notum est. Compensati autem sunt magni ejus labores in hunc finem suscepti cognitione ipsius causae, quae illos pro investigatione parallaxium irritos reddidit, cognitione nempe motuum stellarum duplicium circa centrum gravitatis revolvendum, itaque systematum stellarum compositarum. Stellae unius systematis in eodem proxime a Sole intervallo moventur, et parallaxis, quae in illis est, eundem habet effectum in locum utriusque stellae. Ad inveniendas parallaxes igitur talia systemata, per se ipsa, nil valent. Quae sententia autem etiam nostris temporibus nondum satis ab astronomis respecta esse videtur. Cujus rei unum modo exemplum afferemus, diligentissimam seriem observationum ab illustrissimo Wrotteslejo, annis 1843 ad 1848, ad inveniendas parallaxes institutam, et anno demum 1851 publici juris factam. Jam a priori judicari potuit, omnia stellarum paria, in quibus mutationes positionum relativarum e parallaxi orientes quaesiverit, nullas hujus generis mutationes exhibere, quia ex probabilitate physice inter se nexa essent. Veritas hujus judicii ipsis observationibus ample confirmata est.

Priusquam igitur in parallaxem alicujus stellae ex comparationibus cum altera stella, in coelo proxime sita, institutis inquiratur, decernendum est has duas stellas comparandas non unius systematis corpora i. e. non physice inter se nexas esse. Deinde, propter majorem effectum parallaxis et inde orientem majorem ejus recognoscendae facilitatem, tales imprimis examinandae sunt stellae, quae certissima indicia propinquitatis ad Solem prae se ferunt. Quae itaque indicia et constituenda et in singulis stellis examinanda sunt. Investigandum porro est, quamnam fractionem parallaxis absolutae quaelibet determinatio relativa secundum probabilitatem exhibere videatur.

Hinc jam elucet, quid sententia supra enunciata significet «maturandam fuisse astronomiam ad investigationem parallaxium». Solutionem problematum huc spectantium molitus est W. Struve, quum primum, accepto tubo Fraunhoferiano, stellis duplicibus perscrutandis operam navaret. Summae studiorum in hunc finem ab eo susceptorum tum in Introductionibus operum laudatorum «*Catalogi novi stellarum duplicium*» et «*Mensurarum micrometricarum*» le-

guntur, tum multo certius constitutae inveniuntur in opere ejus recentiore «*Etudes d'Astronomie stellaire*» et in Introductione operis nuperrime demum editi «*Positiones mediae stellarum compositarum*». Breviter has summas, quantum ad quaestionem nostram attinet, recapitulemus.

1) Enumerationes stellarum in coelo per varios splendoris ordines exstantium, intervallum indicant medium, quo cujusvis ordinis stellae a Sole abesse censendae sunt. Ita docemur, intervallum medium stellae 9^{ae} magnitudinis a Sole esse ad intervallum medium stellae primi ordinis circiter ut 33 ad 1. Jam parallaxi mediae stellae primi ordinis = 0",2 posita, mediae stellae 9^{ae} magnitudinis parallaxis = 0",006 attribuenda est, seu, pro hodiernis nostris auxiliis, omnino indeprehensibilis evadit. Itaque differentia inter parallaxem relativam stellae lucidae, ex comparatione cum stella 9^{ae} magnitudinis deductam, et parallaxem absolutam pro evanescente habenda est. Fieri quidem potest, ut stella comparationis probabilitate propior ad Solem sit; sed etiam tum differentia inter parallaxem relative determinatam et absolutam plerumque infra ipsius determinationis incertitudinem manebit. Aequae tamen accidit, ut stella comparationis remotior sit, quam probabiliter supponatur, atque parallaxis relativa etiam propius ad absolutam accedat.

2) In stellis duplicibus infra 16" inter se distantibus nexus physicus non est exceptio sed regula. Comparati enim motus relativi cum motibus propriis stellarum, adscito probabilitatis calculo, docent inter 1973 stellas duplices coeli arctici 1702 esse physice nexas, et non nisi 271 mere optice compositas, limitibus magnitudinum pro majore stella in ordine 8,5, pro minore in ordine 11,0 positis. Ultra limitem distantiae indicatum ratio inter stellas physice nexas et optice duplices celeriter quidem decrescit; sed etiam ad distantiam 32" usque multo major erit numerus stellarum duplicium physice nexarum. Inde sequitur mensuras micrometricas, quae inter stellas duplices infra 32" distantes instituantur, nullas in genere exhibere posse parallaxes; et in hunc finem ad majores transeundum esse distantias. Inveniuntur autem etiam extra limitem 32" multae stellae physice inter se nexae. Priusquam igitur in parallaxem relativam alicujus stellarum paris inquiratur, ex comparatione motus proprii stellae primariae cum motu relativo stellae comparandae cognoscendum est, eas non physice inter se esse junctas.

3) Quo propior stella nobis est, eo facilius et certius intervallum a Sole ex parallaxi judicandum determinari potest. Quousque igitur instrumenta nostra nondum generalem admit-

tunt parallaxium investigationem, eae imprimis stellae examinandae sunt, quae validissima propinquitatis indicia praebent. Indicia autem propinquitatis sunt *a)* major splendor stellarum, *b)* insignis motus proprius, *c)* pro stellis physice duplicibus, magna apertura orbitae apparentis cum motu velociore in orbita juncta. Eae itaque stellae inter omnes maximas ex probabilitate habent parallaxes, quae omnia tria indicia, vel saltem duo offerunt. Exempla sunt α Centauri, quae omnia tria, Sirius, Procyon, α Lyrae, Capella, Arcturus, quae primum et secundum, 61 Cygni et 40 Eridani, quae duo postrema indicia conjungunt. Scilicet ex singulo indicio incertius est iudicium. Cujus rei luculentissimum exemplum stella illa 1830 Groombr. offert, quae, quamvis motu proprio inter eos, quos novimus, maximo est praedita, vix minimum parallaxis exhibet vestigium.

Via ad detegendas parallaxes his disquisitionibus strata, reliquum jam erat ut de methodo ipsa observationum decerneretur. Duae in genere sunt observationis methodi diversae, in parallaxibus auxilio instrumenti, quale tubus ille Fraunhoferianus Dorpatensis, investigandis prosequendae, methodus nempe differentiarum in ascensione recta et declinatione, et methodus relationum per distantias et angulos positionis determinandarum. Primo intuitu methodus differentiarum in ascensione recta et simplicitate commendatur, et quia stellas comparisonis idoneas magis distantes admittit. Quam viam W. Struve initio ingressus est; nam in diariis speculae Dorpatensis plures series reperiuntur differentiarum in ascensione recta in hunc finem observationum. Ut fidem valorum deducendorum etiam augeret eosque ab erroribus constantibus iudicii liberaret, pater in observandis differentiis ascensionis rectae frequenter horologia commutavit, tum pendulo integra minuta secunda indicante utens, tum ope chronometri dimidium vel quaternas decimas partes minuti secundi sonantis observans. Nihilominus mox recognovit, hanc methodum non ad finem expectatum ducere posse. Agitur enim hic de minimis partibus minuti secundi temporis, aestimatione quadam inter horologii sonos auditos, visus auxilio, constituendis, quae aestimatio arbitrio iudicantis nimis magnum spatium relinquit.

In observationes differentiarum in ascensione recta, ope tubi aequatorialis institutas, etiam altera cadit obiectio, ea scilicet quod, una tantum stella comparisonis adhibita, nullo modo probatum est, instrumentum per tempus inter transitus ambarum stellarum intercedens ne

minimam quidem directionis subiisse variationem. Quae variationes, quum ex gravitate et temperatura in alias instrumenti partes aliter agentibus prodeant, pro variis observationum angulis horariis, variae magnitudinis et signi oppositi esse, itaque differentias in ascensione recta observatas periodice mutare possunt. Posterior haec obiectio etiam methodo differentiarum in declinatione, a priore objectione immuni, facienda est; evitatur autem in utraque methodo, adhibitis duabus stellis comparationis, quarum altera stellam examinandam non multo praecedat, altera eam brevi temporis spatio sequitur. Id tamen incommodi inest methodo differentiarum in declinatione, quod pars parallaxis totius, quam declinationes exhibent, ita secundum distantiam stellae a polo ecliptices descrecit, ut in stellis ipsius ecliptices, prope solstitia sitis, nulla fiat, dum coefficientis parallaxis in ascensione recta nusquam coeli multum ab unitate absit¹⁾. Cujusnam vero praecisionis methodus differentiarum in declinatione compos sit, nostrae observationes de stella Argelandriana (Groombridge 1830) institutae satis probaverunt. Quae itaque methodus, ab aliis astronomis prorsus fere neglecta, maximopere commendanda videtur pro stellis examinandis, quae non longe a polo ecliptices absunt.

Relictis his methodis differentiarum, W. Struve unice methodo relationum per distantias et angulos positionis micrometricae constituendarum operam navavit.

Observationes frequentissimae, circa stellas duplices majoris distantiae institutae, docuerant, et mensuras micrometricas omni qua opus erat gaudere certitudine, et nullam praecisionis, inter mensuratas distantias atque angulos positionis, exstare differentiam, simulac distantia ipsa limitem $32''$ excederet, intra quem limitem anguli positionis paululo certius mensurentur quam distantiae. Immo, pro distantis minutum primum excedentibus, mensurae distantiarum paululo certiores evaserant mensuris angulorum. In universum quidem mensurae eo certiores fiunt, quo minores sunt distantiae stellarum. Sed etiam in distantis magnis, $1'$ ad $4'$, ea est mensurarum fides, ut ad subtilissimam parallaxium disquisitionem tuto adhiberi queant.

1) Eandem restrictionem etiam pro parallaxibus absolutis ex observatis declinationibus deducendis locum habere, necesse est. Itaque usus tubi culminatorii, in directione primi verticalis collocati, et sectoris zenithalis pro investigandis parallaxibus etiam arctius circumscribitur.

Praecisionem observationum generaliter augeri, quo majores amplificationes adhibeantur, constat. Usus autem majorum amplificationum certis conditionibus limitatus est. Primum enim aucta amplificatione restringitur campus visionis, cujus diametrus distantiam stellarum comparandarum definit. Sed ne totus quidem campus visionis eandem praebebit mensurarum praecisionem, propterea quod optima etiam telescopia in medio campo paulo meliores offerunt imagines, quam in vicinitate peripheriae. Deinde, aucta ultra modum amplificatione, splendor stellarum deminuitur; pro comitibus igitur valde exiguis, maximae amplificationes minoris aestimandae sunt, quam mediae. Denique praecisio observationum paululum decrescit, simulac distantia angularis stellarum comparandarum, per amplificationem aucta, nimium in oculo observantis subtendit angulum, quam qui ambas stellas uno intuitu conspici patiatur. Experientia nos docuit, stellas duplices 30" inter se distantes accuratius mensurari, si distantia illarum angularis quadringenties, quam si millies amplificata est.

Ad idoneas stellas, in quarum parallaxes inquireretur, eligendas hae itaque conditiones respiciendae erant:

1. stellam examinandam validis vicinitatis ad Solem indiciis praeditam esse;
2. stellam comparisonis non nimis debilem prope stellam examinandam adesse, nec nimis ab ea distantem, ne incertiores evaderent mensurae;
3. stellas binas nullo modo nexu physico ad idem systema pertinere;
4. stellam satis magnam habere declinationem borealem, ut per totum annum Dorpati commode observari posset.

Quibus conditionibus diligenter perpensis, et praemissis jam investigationibus supra memoratis, W. Struve sub finem anni 1835 in parallaxem α Lyrae inquirere constituit. Parvula stella magnitudinis 10,5, secundum W. Struve, circiter 43" eo tempore ab α Lyrae distabat, quam motum proprium stellae primariae non participare, ideoque cum illa non physice nexam esse, comparatis mensuris Herschelianis, compertum erat. Conditionibus igitur in his stellis optime satisfactum erat.

Ipsò anno 1835 series observationum de parallaxi α Lyrae instituendarum coepta est. Primo quidem tempore W. Struve has observationes, propter itinera erigendae speculae

Pulcovensis causa suscipienda et varia alia negotia, non eo studio, quo in animo fuerat, prosequi potuit. Inde factum est ut, ad finem usque anni 1836, nonnisi 17 observationes completas collegerit, quas in fine Introductionis in *Mensuras micrometricas* publici juris fecit. Jam in his paucis mensuris, imprimis distantiarum, effectus parallaxis sese manifestavit. Computo facto, parallaxis = $+0''.125$ inventa est. Quem valorem, errorem probabilem = $0''.055$ vix duplo superantem, non satis certe determinatum existimavit ipse auctor. Ideo observationes continuare constituit.

Initium hoc observationum parallaxes relativas spectantium, quamvis finem propositum nondum prorsus assecutum esset, nihilominus ab astronomis maximi aestimatum est. Docuerunt enim hae mensurae, quatenus via ad detegendas parallaxes fixarum ingredienda esset, atque astronomos ad spem finis, in quem per secula frustra enixi erant, brevi temporis spatio attingendi erexerunt. Satis est unam immortalis Besselii opinionem hic afferre, qui quum primum *Mensurarum micrometricarum* exemplar accepisset, statim consilium suum stellam 61 Cygni iisdem methodis prosequendi literis die 26. Aug. 1837 conscriptis ita Dorpatum mandavit: «Maxime delectatus sum conamine tuo parallaxis α Lyrae determinandae. Exemplo tuo ad aemulationem instigatus, sine mora duas stellas, α Bootis et 61 Cygni, observare incepi.» *)

Si igitur primae illae mensurae de parallaxi α Lyrae institutae nil aliud astronomiae profecissent, eo solo optime de scientia nostra meritaessent, quod Besselium ad memorabiles observationes de parallaxi 61 Cygni ope heliometri Regiomontani instituendas excitaverunt.

Heliometrum pro constructione sua magnas distantias proxime eadem dat certitudine, quam minores. Anguli positionis autem non eadem, qua distantiae, obtinentur praecisione. Besselius ergo ad investigationem parallaxium solas distantiarum mensuras adhibere constituit. Angulorum mensuris ita rejectis, confirmationem veritatis ex mensuris distantiarum inter stellam examinandam et duas stellas comparatas quaesivit, alteram a , $462''$ distantem, alteram b , $706''$ distantem, et quidem ita ut earum directiones in ipsa stella primaria angulum proxime

*) Haec sunt ipsa Besselii verba: Lebhaft hat mich der Versuch interessirt die Parallaxe α Lyrae zu bestimmen. Ihr Vorgang hat inzwischen zur Folge gereizt und ich habe sogleich angefangen zwei Sterne, α Bootis und 61 Cygni, vorzunehmen.

rectum formarent. Initium observationum Besselius die 18 Aug. 1837 fecit. Quibus usque ad mensem Octobrem anni insequentis continuatis, summam earum eodem jam anno 1838 in *Schumacheri Nuntio* (*Astron. Nachr. No. 365*) astronomis communicavit. Postea series harum observationum ab ipso Besselio et Schluetero usque ad Martium mensem anni 1840 producta est. Jam ex tota copia observationum, 188 comparationes stellae α et 214 stellae b amplectente, parallaxis 61 Cygni a Besselio ea, quam in omnibus summi hujus nostri seculi astronomi laboribus admiramur, subtilitate deducta est:

ex comparationibus cum stella a , $= + 0,3584$

« « « « b , $= + 0,3289$;

vel medio numero $= + 0,3483$ cum errore medio $= 0,0141$, vel errore probabili $= 0,0095$ *).

De observationibus circa parallaxem α Bootis inceptis nil publici juris factum est. Literis mense Martio anni 1838 Dorpatum missis ipse Besselius patri mandavit, etiam hanc stellam inde ex mense Augusto 1837, ad parallaxem constituendam, a se observatam esse. Nescimus autem num postea hae mensurae etiam continuatae sint; quod si factum est, certe operae pretium foret summam earum astronomis communicari.

Dum haec Regiomonti agebantur, etiam observationes Dorpatenses de parallaxi α Lyrae non quiescebant. Quamquam observationes hujus periodi frequentibus itineribus Petropolin factis interruptae sunt, nihilominus usque ad mensem Augustum 1838, mensuras 96 completas relationis inter α Lyrae et stellam comparationis colligere successit. Illo jam tempore iter in Germaniam a patre suscipiendum, deinde transmigratio ejus in recens conditam speculam Pulcovensem finem his observationibus imposuere; neque, pro multis negotiis, computus earum ante mensem Septembrem 1839 perfici potuit. Hoc demum mense W. Struve summam observationum suarum conventui Academiae Scientiarum Petropolitanae in commentatione exhibuit inscripta «*Additamentum in Mensuras micrometricas*», quae anno insequente publici juris facta est.

*) Doctissimus Petersius observationes Bessellii parallaxem 61 Cygni spectantes retractavit (*Bulletin de la Classe physico-mathématique. Vol. 8. No. 4*), ita quidem ut vim et coefficientis thermometrici, postea ab ipso Besselio certius constituti, et errorum quorundam variabilium, qui serioribus observationibus heliometricis indicati videbantur, respiceret. Qua via parallaxem hujus stellae $= + 0,3602 \mp 0,0121$ reperit.

Diximus totum numerum mensurarum a patre de parallaxi α Lyrae factarum 96 fuisse, quae, cum omnes completas relationes inter ambas stellas exhiberent, 96 aequationes pro parallaxi ex distantis deducendas, et totidem aequationes ex angulis positionis observatis formandas offerre debuerunt. Attamen W. Struve solas distantiarum mensuras ad parallaxem determinandam adhibere constituit, quum cognovisset angulos positionis ex causis, quas in *Additamento* p. 25 exposuit, erroribus quibusdam obnoxios esse signi oppositi in angulis horariis oppositis, quippe qui errores, quamvis parvi, ejusdem ordinis ac ipsa parallaxis esse poterant. Contra, mensurae distantiarum nulli errori, anni periodum sequenti, obnoxiae sunt, simulac effectus temperaturae in revolutionis cochleae micrometricae valorem certe constitutus est. Effectus hic pro instrumento Dorpatensi certissime investigatus erat, et ne minimus quidem error ex ejus incertitudine residua in determinationem parallaxium transire potuit. Rejectis jam angulis positionis, solae 96 mensurae distantiae, per methodum quadratorum minimorum, parallaxem α Lyrae dederunt $= +0''.2613$ cum errore probabili $= 0''.0254$.

Determinatio haec ea vero caret confirmatione, quam in parallaxi 61 Cygni Besselius ex duabus stellis comparatis assecutus erat. Fides igitur, ab astronomis in deducta parallaxi α Lyrae posita, potius subjectiva erat, prout quisque magis minusve de praecisione observationum sibi persuasum habebat. Sententiam hanc elegantissime enunciavit Joh. Herscheli in oratione, in introitu hujus commentationis laudata, ita loquens:

«Ne longus sim, quaestionem de priore determinatione parallaxium, inter hos illustres, «generosissimos sibi que amicissimos aemulos pendentem, ita verissime constituendam crediderim. «Observationes meridianae a Struvio annis 1818 ad 1821 institutae prima vestigia problematis «resolvendi continere videntur; vestigia tamen leviora, quam quae aliud vindicent, praeter «spem, fore ut problema non longinquo tempore studio astronomorum cedat. Mensurae ejusdem «micrometricae de parallaxi α Lyrae institutae, toto anno prius inceptae et in summa per longius tempus extensae sunt, quam mensurae Besseli de parallaxi 61 Cygni. Jam inde ex ipso «initio mensurae illae indicia parallaxis offerunt, quae indicia, continuatis per longius tempus «observationibus aucta, eam fidem adepta sunt, ut magis probetur, in observationibus parallaxem pronunciari, quam errores instrumentales vel fortuitos latere, qui simili modo ac

«parallaxis in mensuras egissent. Ex altera parte Besselii mensurae, toto anno serius coeptae et per paulo brevius temporis spatium continuatae, compactum quoddam et consistens evidētia exhibent systema, ex duabus observationum seriebus mutuo se confirmantibus deductae. Quae evidētia ita rem suam agit, ut nullum relinquatur aliud dubium de veritate parallaxis inventae, nisi quale in multis rebus etiam manet, quae humane loquendo certae aestimantur. Cum ita de veritate hujus investigationis nobis persuasum sit, augetur fides in altera investigatione ponenda, et eo inducimur, ut etiam hanc accipiamus et probemus secundum evidētia suam. Quae si deesset auctoritas, haesitaremus ratam accipere parallaxem sine ulteriore confirmatione ejusdem indolis.»

Confirmanda igitur erat parallaxis α Lyrae ex observationibus Dorpatensibus deducta. Cui proposito jam ex eo inde tempore animum attendi, quo magnum telescopium Pulcovense, aperturae 15 pollicum anglicorum, mihi in usum traditum erat. Pro variis autem aliis laboribus plus minusve urgentibus, anno demum 1851 hoc problema aggrediendi otium mihi datum est.

In hac investigatione eadem stella comparationis usus sum, quae Dorpati observata erat. Adest quidem, praeter plures exiguas, etiam altera stella, dimidia tantum magnitudinis unitate nostra debilior et 2,5 circiter ab α Lyrae distans; attamen ex comparata hac secunda stella parallaxem determinandam nullum fere praecisionis incrementum nancisci posse censi. Pro majore enim distantia et minore hujus stellae splendore, ad illam observandam minores adhibendae fuissent amplificationes, unde singulae mensurae multo incertiores evasissent iis, quas stella altera comparata offerebat. Neque egebant observationes nostrae confirmatione ex comparatis duabus stellis petenda. Persuasum enim mihi erat, mensuras angulorum positionis seu directionum eadem praecisione et certitudine gaudere ac distantiarum, simulac directio motus diurni pro positione tubi, in qua observationes ipsae institutae erant, rite determinaretur. Aequationes igitur ex directionibus observatis formandae non minus valebant, quam aequationes distantiarum; modo efficiens parallaxis in angulis obviis non nimis inferior erat efficiente in distantias agente, vel vice versa. Fieri enim potest ut, in stellis eclipticae vicinioribus examinandis, stellae comparationis ita sitae sint, ut aut anguli positionis, aut distantiae nequam parallaxi mutantur, vel ejus effectus in altera coordinata proxime evanescat. In stellis

autem polo ecliptices vicinis, sicut α Lyrae, magnum inter coefficientes discrimen exstare nequit. Calculo posthac instituto, maximus coefficientens parallaxis in directionibus α Lyrae ad nostram comparisonis stellam relatis, pro media epocha mensurarum 1852,25, inventus est $= 0,974$, in distantis $= 0,910$.

Supra dictum est, incertitudinem angulorum a patre mensuratorum inde ortam esse, quod directio motus diurni stellarum, per motum tubi circa axem polarem effectum determinata, gravibus objectionibus obnoxia fuerat. Quam incertitudinem ut evitarem, directionem motus diurni semper ope stellae ad filum per campum tubi immoti incedentis constitui. Quae methodus, quamvis plus temporis et laboris requirat, in instrumento Pulcovensi tali gaudet praecisione, ut error probabilis motus diurni ita determinati vix ad unum minutum primum accedat, qui in distantia $44''$, quae interest inter α Lyrae et stellam comparatam, nonnisi octogesimam partem minuti secundi circuli maximi efficit. Elucet errorem probabilem ex incertitudine motus diurni prodeuntem in nostra investigatione omnino negligi posse.

Excepta hac certiore methodo determinandi motus diurni, indoles observationum mearum proxime eadem manebat, quae a patre in *Mensuris micrometricis* atque in *Additamento* exposita est. In universum tamen numerum mensurarum cujusvis noctis paululum auxi. Inde factum est, ut error probabilis observationis singulae noctis per medium minor prodiret, quam in observationibus Dorpatensibus. Computo primo absoluto, errorem probabilem anguli una nocte determinati, partibus circuli maximi expressum $= 0,106$ inveni, distantiae $= 0,093$. In hoc computo suppositum est omnes mensuras eadem gaudere praecisione, quam tamen valde secundum aeris conditiones mutari constat. Ex *Additamento* discimus errorem probabilem singulae distantiae Dorpati mensuratae medio numero $= 0,154$ fuisse. Inde sequitur, pondera relativa distantiarum Pulcovae et Dorpati mensurarum esse ut 2,7 ad 1. Aucta haec praecisio partim, ut dictum est, majori numero mensurarum observationem unius noctis constituentium attribuenda videtur; partim etiam majore vi optica tubi Pulcovensis atque majore facilitate exiguae stellae comparisonis observandae effecta est; partim denique inde provenisse videtur, quod observationes maxima ex parte in vicinitate meridiani instituere mihi licebat, dum telescopium Dorpatense, propter pedis constructionem minus idoneam, stellarum majoris declina-

tionis borealis, sicut α Lyrae, observationes non nisi sub majoribus angulis horariis instituere patiebatur.

Incepi observationes de parallaxi α Lyrae faciendas die 18 mensis Septembris 1851, et usque ad diem 1 Decembris 1852 mensuras completas collegi 51, quarum 13 sunt anni 1851, ceterae anni currentis 1852. Mensurae per totam periodum aequabiliter fere distributae sunt, neque in iis faciendis epochae maximorum parallaxis effectuum prae aliis respectae sunt; de quibus ante primum annum observationis absolutum nil certi mihi compertum erat. Ante hunc enim terminum nullum institui calculum, ne ipsae mensurae iudicio praeconceptione afficerentur. Lacuna tamen observationis est 7 fere hebdomadam, inter diem 25 Ianuarii et 10 Martii, quo nempe tempore coelum continuo nubibus obductum observationes recusaverat. Sed in medium hoc fere tempus (4 Febr.) maximus cadit parallaxis effectus in distantiam negativus, unde parallaxis ex distantii deducenda paululo minus certa evadere debuit. Ut jam lacuna illa impleatur, in animo est observationes etiam per hiemem praesentem continuare. Pro parvo autem errore probabili cujusvis mensurae, 51 illae observationes hucusque collectae jam nunc parallaxem α Lyrae satis arctis limitibus circumscribere valent.

Subjci itaque has mensuras calculo severo, in quo faciendo primum supposui omnibus observationibus eandem attribuendam esse praecisionem. Aequationum duae series, ex distantii et directionibus deductae, tria quaevis continent sua incognita 1) correctionem relationis mediae suppositae, 2) correctionem motus proprii α Lyrae, ex comparatione observationum Bradleianarum cum positionibus Dorpatensibus deducti, 3) parallaxem α Lyrae.

Nuncupantes: ε , correctionem distantiae mediae = $44''.200$, pro epocha media observationum, quae est 1852,25, suppositae;

σ , correctionem anguli positionis medii = $144^\circ 40'$ pro eadem epocha accepti, partibus circuli maximi expressam;

η , correctionem motus annui proprii in distantia;

μ , " " " " in angulo positionis;

π , parallaxem ex distantii deducendam;

π' , " " angulis " ;

aequationes finales per methodum quadratorum minimorum deduximus has:

ex distantis:

$$51,00\varepsilon + 4,78\eta + 11,17\pi = -0,08$$

$$4,78\varepsilon + 7,67\eta + 2,93\pi = +0,14$$

$$11,17\varepsilon + 2,93\eta + 15,83\pi = +2,03;$$

ex angulis:

$$51,00\sigma + 4,78\mu - 9,33\pi' = -0,75$$

$$4,78\sigma + 7,67\mu + 0,06\pi' = -0,52$$

$$-9,33\sigma + 0,06\mu + 30,67\pi' = +3,87.$$

Unde

$$\varepsilon = -0,040, \text{ cum pondere } 41,0 \text{ et errore probabili } 0,015$$

$$\eta = -0,024 \quad \text{ " } \quad \text{ " } \quad 7,0 \quad \text{ " } \quad \text{ " } \quad 0,035$$

$$\pi = +0,165 \quad \text{ " } \quad \text{ " } \quad 12,9 \quad \text{ " } \quad \text{ " } \quad 0,026$$

$$\sigma = +0,018 \quad \text{ " } \quad \text{ " } \quad 45,5 \quad \text{ " } \quad \text{ " } \quad 0,016$$

$$\mu = -0,079 \quad \text{ " } \quad \text{ " } \quad 7,2 \quad \text{ " } \quad \text{ " } \quad 0,040$$

$$\pi' = +0,132 \quad \text{ " } \quad \text{ " } \quad 28,9 \quad \text{ " } \quad \text{ " } \quad 0,020.$$

Duo pretia inventa parallaxis, π et π' , intra limites errorum probabilium inter se conveniunt. Quibus rite conjunctis habemus parallaxem α Lyrae $= +0,144$ cum errore probabili $= 0,016$.

Quamvis ita parallaxis jam satis arctis limitibus inclusa est, certitudinem tamen disquisitionis incrementum capturam esse existimavi, si observationibus minus accuratis minora attribuerentur pondera. Duae praesertim sunt causae, cur aliquot observationes nostrae minoris aestimandae sint reliquis. Primo nempe tempore mensurae nec eodem ordine, nec etiam prorsus eadem methodo instituebantur ac postea. Senior observationum periodus, qua omnes mensurae secundum certam normam perficiebantur, inde ex Martio mense hujus anni incipit, atque a priore periodo spatio illo 7 hebdomadam abest, per quas, ut supra memoravimus, coelum continuo obductum observationem impediverat. Altera jam causa, cur nonnullae men-

surae minus certae evaserint, aeris nempe conditiones minus faventes, nostrae seriei cum omnibus aliis observationibus astronomicis communis est. Pondere bonarum mensurarum $= 1$ posito, omnibus observationibus per aeris conditionem minus faventem institutis, quae in diario semper adnotata est, pondus $= \frac{1}{2}$ tribuere duxi; neque hac via virtutem earum nimis deminui mihi probatur. Idem etiam pondus $= \frac{1}{2}$ omnibus prioris periodi observationibus ex altera causa indicata convenire censui. Mensuris denique hujus periodi per aeris conditionem pejorem institutis pondus $= \frac{1}{4}$ assignare placuit. Adhibitis his jam ponderibus, retractavi aequationes et has deduxi aequationes finales:

ex distantiiis:

$$38,50\varepsilon + 7,07\eta + 9,39\pi = -0,05$$

$$7,07\varepsilon + 5,66\eta + 3,13\pi = +0,15$$

$$9,39\varepsilon + 3,13\eta + 12,18\pi = +1,35;$$

ex angulis:

$$38,50\sigma + 7,07\mu - 3,24\pi' = 0,00$$

$$7,07\sigma + 5,66\mu - 2,29\pi' = -0,63$$

$$-3,24\sigma - 2,29\mu + 22,99\pi' = 3,29.$$

Unde pretia incognitarum obtinentur:

$$\varepsilon = -0,034, \text{ cum pondere } 26,8 \text{ et errore probabili } 0,015$$

$$\eta = -0,009 \quad \text{«} \quad \text{«} \quad 4,2 \quad \text{«} \quad \text{«} \quad 0,037$$

$$\pi = +0,140 \quad \text{«} \quad \text{«} \quad 9,4 \quad \text{«} \quad \text{«} \quad 0,025$$

$$\sigma = +0,029 \quad \text{«} \quad \text{«} \quad 29,0 \quad \text{«} \quad \text{«} \quad 0,014$$

$$\mu = -0,095 \quad \text{«} \quad \text{«} \quad 4,2 \quad \text{«} \quad \text{«} \quad 0,037$$

$$\pi' = +0,139 \quad \text{«} \quad \text{«} \quad 22,1 \quad \text{«} \quad \text{«} \quad 0,016.$$

Error probabilis singulae bonae observationis, seu qui unitati ponderis convenit, hic pro distantiiis $= 0,0764$ evadit, pro angulis $= 0,0756$. Nullum igitur in bonis observationibus exstat praecisionis discrimen inter mensuras distantiarum et angulorum. Praeterea ex deductis

parallaxis pretiis, quae duae ponderum hypotheses dant, elucet, ipsa haec pretia nonnisi minimas subitura esse variationes, etiam si pondera relativa observationum amplius mutantur.

Pretia haec postrema quantitatum quaesitarum sine dubio certiora sunt prioribus. Attamen correctio motus annui proprii $= -0''.095$ in angulo positionis nimia inventa videtur: tanta enim incertitudo motus proprii annui, constituti ex comparatis positionibus absolutis Bradleianis et Dorpatensibus, 70 annorum intervallo sejunctis, vix admittenda est. Ex parte igitur quantitas inventa μ , errori residuo nostrae determinationis attribuenda est, quod etiam ipso errore probabili $= 0''.037$ hujus quantitatis indicatur. Nec est cur hanc incertitudinem miremur, quippe quae ex singuli anni observationibus prodierit. Ponamus itaque et μ et $\eta = 0$. Aequationes finales hac conditione denuo resolutae, parallaxem praebent ex distantis $= +0''.140$, ex angulis $= +0''.145$. Unde apparet errorem residuum in motu proprio supposito nullam proxime habere vim in valorem parallaxis. Conjunctis jam his duobus valoribus, habemus parallaxem α Lyrae ex observationibus Pulcovensibus deductam $= +0''.143$ cum errore probabili $0''.0135$.

Comparemus jam hanc parallaxem et eam, quae ex observationibus Dorpatensibus $= +0''.2613$ cum errore probabili $= 0''.0254$ deducta est. Differentia $= 0''.118$ duorum parallaxis valorum prope triplum est differentiae $= 0''.043$, secundum errores probabiles utriusque determinationis exspectandae, seu accuratius $0''.118 : 0''.043 = 2,75$. Nulli vero dubitamus, quin haec differentia ex parte maxima incertitudini pretii Dorpatensis attribuenda sit. Nostra enim parallaxis in consensu valorum, ex angulis et ex distantis, itaque per methodos observandi prorsus inter se diversas deductorum, argumentum habet veritatis omnium gravissimum; cui accedit quod ipse error, ex probabilitate in nostra parallaxi timendus, dimidius vix est erroris probabilis determinationis Dorpatensis. Inde jam dici potest: observationibus W. Struvii effectus parallaxis in locum α Lyrae certissime indicatus est; quantitas tamen inventa plus exspectatione a veritate aberrat, sed non tanto ut differentia inter valorem Dorpatensem et veram parallaxem ex erroribus observationum residuis explicari nequeat.

Differentia, ni fallor, inde paululum aucta est quod, nulla ratione habita conditionum plus minusve faventium, omnibus observationibus Dorpatensibus idem attributum est pondus.

Quantum pondera considerata agere possint, eo jam elucet quod, si unam modo distantiam, horis matutinis 12 Februarii 1837 in conditionibus sine dubio maxime iniquis observatam et extra ordinem a ceteris differentem, rejicimus, parallaxis tribus minuti secundi centesimis minor, seu $+0''.231$ evadit. Praeterea error probabilis parallaxis, quem in *Additamento* legimus, paululo augendus videtur. Plerumque enim a patre singula nocte duae series mensurarum sese quam proxime excipientium sunt factae, ex quibus duas deduxit aequationes, quas nullo modo inter se pendentes in calculo accepit. Saepius autem compertum est, omnes mensuras micrometricas unius noctis, ex peculiari astronomi vel instrumenti affectione, vel ex alia causa incognita, uno eodemque sensu turbari. Duae igitur mensurae unius noctis non nisi singulam aequationem praebere debuerant, atque loco 96 aequationum, quales schema Dorpatense offert, nonnisi 58 habemus. Rejecta insuper notata illa observatione 12 Februarii 1837, aequationes 57 superstites denuo per methodum quadratorum tractavi, atque parallaxem α Lyrae $= +0''.230$ cum errore probabili $= 0''.030$ inveni. Error probabilis singulae aequationis $= 0''.138$ evasit.

Habemus jam tres determinationes parallaxis stellae α Lyrae nulli graviore objectioni expositas has:

W. Struve (1839), $\pi = +0''.230$ cum errore probabili $0''.030$

Peters (1847) $+0.103$ « « « 0.053

O. Struve (1852) $+0.143$ « « « 0.0135 ;

quibus rite conjunctis evadit

parallaxis α Lyrae $= +0''.1549$ cum errore probabili $0''.0120$.

Cui parallaxi intervallum inter Solem et stellam respondet 1332200 radiorum orbitae Terrae, ad quod percurrendum lumen tempore 21,01 annorum eget.

Unam juvat hic addere considerationem. Mirandum certe est ex eo inde tempore, quo observationes Dorpatenses et Regiomontanae docuerunt, quaenam via ad inveniendas parallaxes ingredienda esset, 14 annos praeterisse, in quibus cognitio parallaxium relativarum perexiguos tantum fecerit progressus. Hucusque enim nonnisi tres stellae α Lyrae, β Cygni et 1830 Groombridge hac via examinatae sunt; et quidem in nulla alia specula praeter Pulco-

vensem et Regiomontanam, quantum novimus, hujus generis investigatio post Besselium et W. Struvium tentata est. Spatium hoc temporis permultis iisque splendidissimis inventis et diligentissimis laboribus excellit, in variis astronomiae partibus; quo probatum est contentiones astronomorum ad augendam scientiam non modo non decrevisse, sed e contrario majorem ambitum et vigorem adeptas esse. Unde ergo in hac periodo apparens illa neglectio problematis ex omnibus sane gravissimi astronomiae sideralis? Ex parte, alia studia astronomos ab hoc problemate difficili tractatu et indefessum laborem exigente detraxere; sed magis opinio egisse mihi videtur, sola telescopia, maxima vi optica praedita, tali investigationi paria esse. Cui opinioni non omnino assentiri possumus. Etenim videndi difficultas in multis stellis comparandis nulla vel exigua est, et usus maximarum amplificationum pro investigatione parallaxium exceptio est, non regula. Agitur modo ut observationes satis accurate instituantur, quod ope minorum telescopiorum, aperturae 6 pollicum, fieri posse pro certo habemus. Quid alia exempla afferam, quum integra apertura heliometri Regiomontani 6 pollices vix excedat. Omnia igitur telescopia ita valida, ut stellas comparisonis nonae magnitudinis ad propositum satis distincte exhibeant, et quae perfecto apparatu micrometrico instructa sunt, ad parallaxes intra paucas minuti secundi centesimas determinandas adhiberi possunt. Quin praestant minora telescopia, ex. gr. aperturae 6 pollicum, pro hac investigatione prae maximis ea ratione, quod in genere idoneas stellas comparisonis magis distantes eligere admittant.

Utinam pauca haec verba eo faciant, ut astronomi ad investigandas parallaxes relativas magis incitentur, et ope excellentium organorum optidorum, quibus hodie multae speculae exornatae sunt vel brevi exornabuntur, cognitio spatiorum coelestium in fundamento solido et lato exstruatur. Progrediantur astronomi ea via, quam aperuit et munivit specula UNIVERSITATIS DORPATENSIS!